

令和 5 年 6 月 29 日現在

機関番号：32674

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K02370

研究課題名（和文）弾性着衣と洗濯に使用する洗剤・柔軟剤の影響に関する試験

研究課題名（英文）Test about effects of the detergent and fabric softener used for washing of elastic clothing

研究代表者

角田 薫 (Tsunoda, Kaoru)

文化学園大学・服装学部・准教授

研究者番号：40553425

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）： 癌治療の後遺症の一つであるリンパ浮腫の治療に使用される治療用弾性着衣は、ポリウレタンなどの化学繊維の編地で構成されその伸縮性により患部を圧迫し症状を改善する。しかしながら、これら繊維は皮脂汚れが付着しやすく除去しにくいため不衛生を招く。また、汚れの蓄積や洗浄による機能低下などが懸念される。そこで、リンパ浮腫患者の治療の一助となることを目的に、弾性着衣機能の低下について把握し、弾性着衣の性能維持と継続使用を可能とする洗浄方法を追求した。結果、洗濯機および洗剤や柔軟剤の使用影響は少なく乾燥時の乾燥機使用および室外干しを避ければ日常着の洗濯と同様の家庭洗濯が可能であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

リンパ浮腫の治療は弾性着衣を用いた圧迫療法が一般的で、治療は弾性着衣の圧迫力に委ねられている。弾性着衣は弾性が大きく着脱も困難であり、その手入れも手洗いが推奨され、製品自体も高額であるなど様々な面において患者への負担が大きい。また、輸入品が多く製品に関する日本の規格存在しない。本研究結果を第6回日本リンパ浮腫治療学会学術総会のホスピタリティルームにて公表し、洗浄が及ぼす影響や患者に負担の少ない洗浄方法としてリンパ浮腫治療の従事者と共有することができた。これを契機に本研究結果がリンパ浮腫患者への情報提供や今後の規格化など治療用弾性着衣の発展につながっていくものと期待される。

研究成果の概要（英文）： Compression wear are used for treatment of lymphedema, one of the sequelae of cancer treatment. These are made of knitted fabric by polyurethane or other chemical fibers and its elasticity improve swelling by compressing the affected area. However, these fibers are easily sebum soiled and difficult to remove. Therefore, there are concerns that this may lead to unsanitary conditions and functional degradation of compression wear due to dirt accumulation and washing, etc. Therefore, deterioration of compression wear functionality was ascertained, in addition the cleaning methods were pursued to maintain the performance and to ensure the longest possible use of the compression wear with the aim of helping in the treatment of lymphedema patients.

Results, it was suggested that normal home laundering similar to washing everyday clothes is possible by avoiding dryer use and outdoor drying when to dry. And the bad influence of using washing machine, detergents and softeners was minimal.

研究分野：家政学および生活科学関連

キーワード：弾性着衣の洗浄 ポリウレタンの性能劣化 寸法変化 引っ張り特性 リンパ浮腫患者 着圧

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

「がん」は、近年の医療技術の進歩による早期発見・早期治療により完治する病となったが、治療後の後遺症に悩む患者も少なくない。その代表的な後遺症のひとつにリンパ浮腫がある。これは、がん治療時のリンパ節へのダメージにより患部にリンパ液が停滞し過度に腫れる症状である。この主な治療法は、弾性着衣で患部を圧迫する圧迫療法により症状を改善するもので、治療効果は弾性着衣の機能(伸縮性)に委ねられている。これら弾性着衣の素材は、ポリウレタンなどの親油性素材で油污れとの親和性が高く、皮脂汚れが付着しやすく、洗濯で落ちにくい性質を持っている。更に、汚れが蓄積することによる不衛生な状態も懸念される。特に、リンパ浮腫患者は合併症である蜂窩織炎を発症するリスクが高く、皮膚及び弾性着衣は清潔に保つことが重要となる。また、弾性着衣の日々の手入れは手洗いが要され、不自由な患者の身体的負担、高額な弾性着衣の買替えなど患者の経済的負担にもなる。更に、先行研究では、弾性着衣と同様の素材を用いたスポーツウェアにおいて、汚れの付着や洗剤の影響を受けて伸縮性が低下し、型崩れを生じることが報告されている。これら弾性着衣とリンパ浮腫患者の現状より、皮膚に直接触れる弾性着衣の清潔維持のために欠かせない洗濯がおよぼす弾性着衣の性能劣化への懸念と患者への負担の軽減に着目した。

2. 研究の目的

弾性着衣とリンパ浮腫患者を取り巻く背景より、本研究では、治療用弾性着衣の抱える課題である「汚れの洗浄における弾性着衣機能の低下防止」に対して、弾性着衣の性能を維持し、簡便な洗浄による継続使用を可能とする洗浄方法を確立することで、リンパ浮腫に悩むがん患者の治療の一助となることを目的とした。

3. 研究の方法

洗浄における弾性着衣機能の低下防止に対して、弾性着衣の性能を維持し、簡便な洗浄による継続使用を可能とする洗浄方法を確立するために、弾性着衣と類似素材の伸縮性衣料を用いて洗濯に関する影響および油污れの洗浄評価の基礎研究について検討した。また、本研究の本題となる弾性着衣の洗濯に関する実態にみる種々の条件(洗剤及び柔軟剤、乾燥方法、着脱による伸縮、紫外線)が弾性着衣の圧迫力に及ぼす影響について把握し、適切な洗濯方法を提案した。

(1) 伸縮性衣料(ポリウレタンを含む素材)に対する洗濯の影響

弾性着衣を洗浄する前の基礎実験として、弾性着衣の素材と類似のポリウレタン繊維を用いた市販伸縮性衣料を試料布とし、油污れ付着の有無と市販液体洗剤の有無を条件に、タテ型洗濯機にて洗浄後、自然乾燥による洗濯を行った。この洗濯操作を10回繰り返し、設定した所定回数洗濯後の試料布について、JIS L 1096における伸縮織物及び編物の伸縮性 伸び率D法(編物の定荷重法)を参考に、荷重10, 20, 50, 100gで伸び率を測定し、洗浄後の試料の伸び率より、洗濯回数や洗剤使用の有無などの洗濯の影響、油污れ付着量の影響について把握した。

(2) 洗濯物における汚れ評価方法の考案

弾性着衣の洗濯と並行し、Wilhelmy型表面張力計を応用した新しい汚れの評価方法の考案に向けて検討した。通常、汚れの付着度合いは視覚では感知し難い程度の色味であり、表面反射率で評価されている。ここでは、本来、表面張力を計測する表面張力計の原理を応用し、布地を水と接触させた際の水の吸収量より布地の油污れ付着度合いの評価の可否を検討した。セバム汚れ(人工皮脂モデル)を付着させたJIS綿添付白布(JIS L 0803)未着用肌着と着用後水洗いをした綿肌着を試料布とした。布地の吸水性は、表面張力計(DY-300、協和界面科学)の質量測定機能を用いた。

(3) 弾性着衣に対する洗濯の諸条件の影響

本研究の本題である弾性着衣における洗濯が性能劣化に及ぼす実態について把握し、適切な洗濯方法を提案するために、家庭洗濯における様々な要因に対して、以下の試験を行った。

各種試験で用いた試料や装置は共通して次の通りである。試料の弾性着衣はSchiebler社の脚用の薄地(ベニ, サイズ)と厚地(パーテックス2, サイズ11)で、いずれもナイロン56%, ポリウレタン44%、圧迫カラスCCL2を用いた。尚、本研究の洗浄は、通常の家家庭洗濯を考慮し、汎用の洗剤(粉末, 液体)及び柔軟剤、洗濯機はタテ型全自動洗濯機(NA-FA70H2)乾燥機はガス乾燥機(Clothes Dryer RN-050-ST)をいずれも標準コースで用いた。

弾性着衣の洗濯における洗剤及び柔軟剤の影響

家庭洗濯を行う実態を想定し、家庭用洗濯機及び市販洗浄剤を用いて繰り返し洗浄した場合の洗剤の種類や組合せが弾性着衣の性能低下に及ぼす影響について実験を行った。弾性着衣を試料布とし、市販の粉末洗剤、液体洗剤、液体洗剤+柔軟剤の各条件で洗浄後、自然乾燥(平干し)を10回繰り返し続けた。この試料布について引張試験機(AUTO COM)を用いて、JIS L 1096における引張強さ及び伸び率A法(ストリップ法)を参考に、45%伸長時の伸長率と荷重の関係について調べた。また、洗浄前後の弾性着衣の表面状態をマイクロSCOPEで観察した。

弾性着衣における洗濯乾燥の影響

洗浄剤の種類と乾燥方法が弾性着衣の性能低下に及ぼす影響についてと同様に繰り返し洗浄を行い、実験を行った。試料布を洗剤の種類、柔軟剤の有無、乾燥方法の組み合わせによる設定条件で洗浄後、自然乾燥（平干し）ないし乾燥機による乾燥のサイクルを10回繰り返した。これら試料布の45%伸長時の伸長率と荷重の関係と寸法変化率について検討した。

弾性着衣の着用実態にみる伸長弾性に対する洗濯の影響

着用時の伸長が弾性着衣の性能低下に及ぼす影響について把握するためと同様に繰り返し洗浄を行い、次の実験を行った。実際の着用を再現した着用ストレス用器具に24時間装着した試料布を洗剤の種類、柔軟剤の有無の組み合わせにより設定した条件で標準コースにて洗浄後、平干し自然乾燥のサイクルを10回繰り返した。これら試料布について引張試験機（AUTO COM）を用い、薄地 40%、厚地 20%伸長時の伸長率と荷重の関係および洗濯後の寸法変化率について検討した。尚、着用ストレス用器具の伸長度合いおよび引張試験機の伸長は、試料とした弾性着衣（RAL規格品）の商品サイズより設定した。また、メーカーが推奨するおしゃれ着用洗剤を使用時の影響についても検討した。

弾性着衣における紫外線の影響

一般に洗濯物の乾燥では室外干しを行うことから、乾燥時の太陽光（紫外線）の照射が弾性着衣の性能低下に及ぼす影響について実験を行った。現在、リンパ浮腫患者が治療に用いる弾性着衣療養費は、年2回（6ヶ月以上の間隔）計4セットまでが保険適用とされている。そこで、2枚の洗い替えを1日3時間の乾燥を半年間続けることを想定し、紫外線照射時間270時間と設定した。キセノンアーク灯光を用い紫外線照射を行った試料布について薄地 40%、厚地 20%伸長時の伸長率と荷重の関係を調べた。

洗濯後の弾性着衣における実際の圧迫力（着圧）への影響

洗濯による伸長と荷重の関係および寸法変化の影響を踏まえ、洗濯による製品の性能への影響について実験を行った。試料は、液体洗剤で洗浄後、乾燥機による乾燥を繰り返した10回洗濯後の弾性着衣で、着用ストレス用器具による24時間装着の有無とした。圧迫力の測定は、洗濯弾性着衣の性能を計測する圧迫力に関する規格は、日本にはないためドイツのRAL規格を参考に行った。薄地のサイズと厚地のサイズ11の弾性着衣専用に設計されたドイツ製リンパ浮腫モデル脚型に試料を履かせ、衣服圧測定機（Pico PressM-1200）を用い、足首(B)、ふくらはぎ(C)、膝(E)の3か所について衣服圧を測定した。尚、本実験で用いたリンパ浮腫モデル脚型（Fig.3）は、RAL規格の圧迫力クラス CCL2 の規格に適合したもので、タテ方向(丈)は薄地 30%、厚地 10%、よこ方向(周径)は薄地 40%、厚地 15~20%伸びるように設計されたものである。また、試料の計測位置と標準的な圧勾配に適合した圧力範囲を Fig.1 に示す。

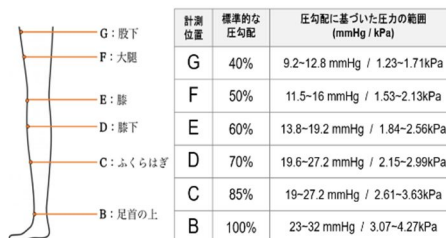


Fig.1 弾性ストッキングにおける計測位置と標準的な圧勾配に適合した圧力範囲

4. 研究成果

(1) 伸縮性衣料（ポリウレタンを含む素材）に対する洗濯の影響

ヨコ方向と比較しタテ方向の方が伸び率の変化が大きい。洗濯回数は、回数が増すとマイナスの伸び率が大きくなり、洗濯によって伸びにくくなった。また、洗剤の影響については、洗剤使用の有無による荷重の違いの変化は多少あるが、洗剤の有無にかかわらず洗濯により伸び率の変化が見られた。(Fig.2)従って、試料の性能変化は洗剤の影響のみでなく、機械力や乾燥など洗濯における様々な要因も関係することが分かった。また、油汚れが付着すると伸び率の変化が見られ、汚れ量が増すほどその変化は大きい結果となった。(Fig.3)以上の結果より、ポリウレタン製品の洗濯影響は複数の因子により伸縮性の低下を生じることが分かった。

(2) 洗濯物における汚れ評価方法の考案

布地の吸水性による油汚れの付着量の評価について、油性汚れ（セバム汚れ）付着の有無による布地の吸水性は、汚れ付着布と比較し原布（汚れ未付着布）の方が高い結果となった。従って、原布は汚れ付着布よりも吸水性が高く、油汚れの存在により親水性素

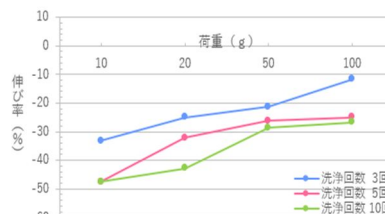


Fig.2 洗剤未使用時における洗濯の影響（タテ方向）

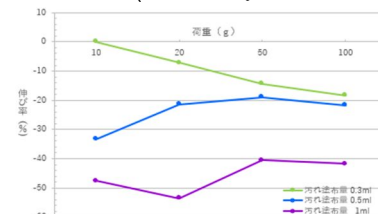


Fig.3 油汚れ付着量の影響（タテ方向）

材の吸水性が低下したことから油汚れの評価方法としての有効性が期待された。また、未着用肌着と着用済み肌着の吸水性は、未着用と比較し着用済みの方が高い結果となり、セバム汚れ存在下における吸水性の結果と逆の展開となった。(Fig.4~5) 着用後水洗いした肌着において、表面反射率の低下や黄ばみも確認していることから皮脂や汗などの人体由来の汚れの付着はあるものと捉えている。しかしながら、未着用肌着よりも着用後の吸水性が上回ったことについては、汚れの種類及び付着量や付着状態が未知であること、水洗いの影響、着用による伸縮などの布地の変化に伴う不均一表面、試験布の片端接触であることによる毛管現象の影響が考えられる。以上により、本研究における弾性着衣の汚れ量の測定に応用すべく、前段階として単純な素材の綿を用いて検討したが、最終的に弾性着衣のようなポリウレタンのカバーリング系の編地のような複雑素材に対応した方法として確立するには様々な課題を残す結果となったが表面張力計を応用した新しい汚れの評価方法としての可能性を得ることができた。

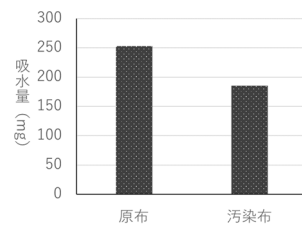


Fig.4 油汚れ付着と吸水量

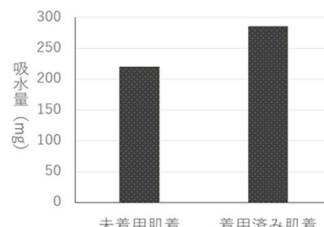


Fig.5 着用肌着と吸水量

(3) 弾性着衣に対する洗濯の諸条件の影響

弾性着衣の洗濯における洗剤及び柔軟剤の影響

洗剤と柔軟剤の各使用条件における伸長率と荷重の関係を比較すると、粉末洗剤 > 液体洗剤 > 液体洗剤 + 柔軟剤の傾向が見られたが、いずれも差は小さく懸念されていた柔軟剤の影響は見られなかった。水のみでの繰り返し洗濯においても伸び率の変化は見られた。更に、洗浄前と比較し洗浄後の方が一定量の伸長をするのに必要な力が増えていることがわかった。(Fig.6) また、洗濯回数が増えるに従って、マイナスの値が大きくなる傾向で洗濯により伸びにくくなることがわかった。尚、マイクロスコープによる表面観察の結果、洗浄後の表面に多少の毛羽立ちや乱れは見られたが、目立った損傷は認められなかった。

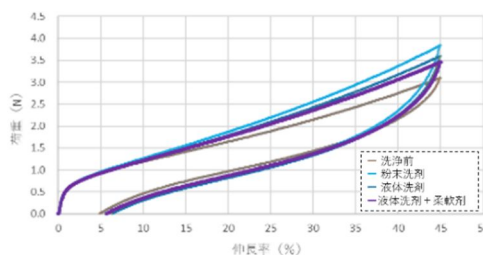


Fig.6 洗浄前後の弾性着衣 45%伸長時の伸長率と荷重の関係 (厚地・タテ方向)

弾性着衣における洗濯乾燥の影響

洗浄剤の使用や洗濯乾燥時の乾燥方法の各条件で比較すると、45%伸長時の上限荷重点は薄地の平干し自然乾燥と比較し乾燥機使用時に著しく値が大きく、薄地の乾燥機使用は性能に影響を及ぼすことがわかった。一方、厚地は薄地ほど大きな変化はなく、自然乾燥時も乾燥機使用時も大差はなかった。(Fig.7) これは、薄地と厚地の編み構造の違いの影響が推測される。また、寸法変化率は、全体的にマイナスとなり、ヨコ方向と比較しタテ方向の変化が大きいこと、厚地と比較し薄地の変化が大きいこと、乾燥機使用時の変化が大きく、縮む傾向が見られた。以上の結果より、諸条件が及ぼす弾性着衣の性能劣化の影響については、45%伸長時の伸長率と荷重の関係および寸法変化率共に同様の傾向が見られ、タテ方向における縮みや、乾燥機を使用による薄地の弾性着衣の縮みが見受けられた。従って、洗浄剤の種類や組合せよりも乾燥機の使用の方が弾性着衣の性能劣化を促し、これは乾燥機による熱や機械力が影響するものであると推測される。

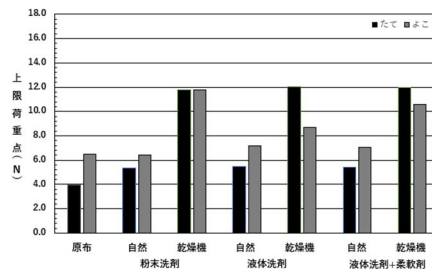


Fig.7 薄地弾性ストッキング 10回洗濯後の45%伸長時の上限荷重点

弾性着衣の着用実態にみる伸長弾性に対する洗濯の影響

ストレス用器具装着後に液体洗剤洗浄後自然乾燥、液体洗剤 + 柔軟剤で洗浄後に自然乾燥ないし乾燥機の使用の条件、ストレス用器具の未装着をおしゃれ着用洗剤で洗浄後自然乾燥した条件で洗濯をした試料布における上限荷重点は一部を除き全体的に原布と同程度であった。(Fig.8) 寸法変化率は、液体洗剤以外を使用時の厚地ヨコに関してはあまり変化がなかったがそれ以外はマイナスとなった。中でも、タテ方向の値が大きい傾向であった。(Fig.9~10) 以上の結果より、洗浄剤と乾燥方法の組合せ条件やタテ・ヨコ、厚地・薄地などの違いにより引張試験や寸法変化に多少の差異は認められたが、問題となるような着脱による影響は認められなかった。おしゃれ着用洗剤では寸法変化率が一般衣料用洗剤よりマイナス値が大きいことが見られたが、これはシワ防止で添加されているシリコンの作用に

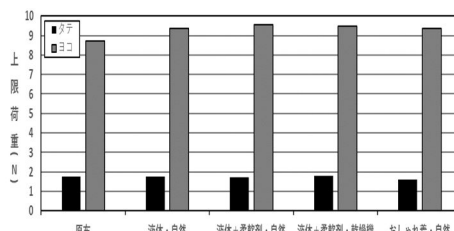


Fig.8 着脱想定厚地10回洗濯後の20%伸長時の上限荷重点

より、線維表面に付着したシリコンが線維同士の摩擦を少なく編み糸同士の平滑性が高まり編み目が詰まったことで縮みを発生させたと考えられる。従って、シリコンが添加された洗剤の使用は控えた方がよいことが分かった。

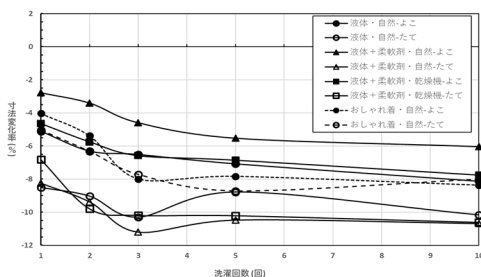


Fig.9 着脱想定の薄地 10 回洗濯後の寸法変化率
弾性着衣における紫外線の影響

引張り試験時の上限荷重点は、全ての値が原布よりもやや小さい結果であった。(Fig. 11 ~ 12) これら値からは大きな問題は見受けられない。また、照射後の試料表面には、ポリウレタンの劣化とみられる粉体が無数付着し粉っぽくなった。これは、弾性着衣を構成するポリウレタン系はカバーリング系であり、長時間の紫外線照射による鞘系や芯系の劣化が考えられる。マイクロスコープにて表面観察をした結果、編構造や糸に表面的な劣化は見られなかったことから、紫外線が鞘系の間から芯系まで到達し劣化したものと推測される。いずれにしても、明らかな弾性着衣の劣化が認められることから紫外線が当たる室外干しの場合は影響が大きいことが分かった。

洗濯後の弾性着衣における実際の圧迫力
(着圧) への影響

各部位、各条件の衣服圧を比較すると、多少上下はあるがいずれも大幅に衣服圧が低下したものはなかった。特に、薄地の足首と厚地のふくらはぎには、どの洗濯条件でも原布より衣服圧が高い結果となった。(Fig. 13 ~ 14) これら測定値は全てRAL規格に適合した圧力範囲内 (Fig.1) であることから、通常の洗濯を行い、更に乾燥機使用をしてしまった際においても弾性が治療効果に影響ないことが示唆された。

本研究の結論として、種々の洗濯要素の影響は、洗剤の種類や組合せの影響よりも、紫外線と熱が弾性着衣劣化に影響することが明らかとなった。そこで、当初、弾性衣料の性能に及ぼす汚れ付着及び洗剤・洗濯の影響の一つとして表面改質による油汚れの防汚を検討する予定であったが、プラズマ処理は熱によるダメージ、TiO₂ 光触媒は紫外線によるダメージが予測されることから実施を見送った。尚、汚れの洗浄について、弾性着衣の性能を維持し、簡便な洗浄による継続使用を可能とする洗浄方法の提案として、本研究結果より、患者の負担と弾性着衣へのダメージを考慮した上での取り扱い方法は次の通りとした。

洗濯方法は、商品自体は手洗い推奨となっているが、洗濯機の使用は可能である。使用する洗剤の種類や柔軟剤の使用、またそれら組合せについてはいずれも問題ない。乾燥方法は、直射日光を避けた陰干し自然乾燥を推奨する。しかしながら、本取り扱い方法は、あくまでも性能劣化の影響要因を回避したものであり、弾性着衣の性能を維持した上で延長といった解決には至っていない為、定期的な交換は必要である。本研究結果が、治療に励むリンパ浮腫患者にとって弾性着衣の使用における大きな身体的かつ経済的負担の軽減と衛生面の維持による合併症の阻止につながるものと期待する。

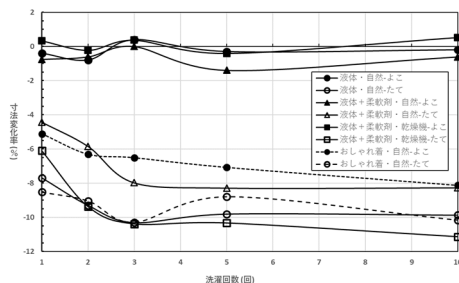


Fig.10 着脱想定の厚地 10 回洗濯後の寸法変化率

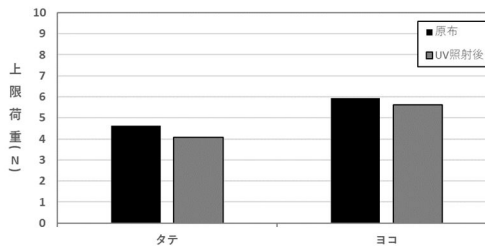


Fig.11 薄地紫外線照射前後の 40%伸長時の
上限荷重点

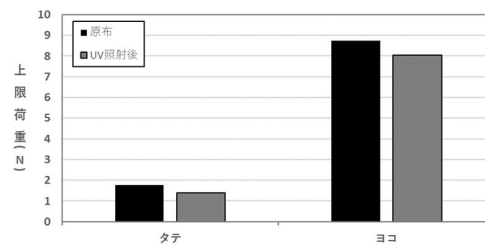


Fig.12 厚地紫外線照射前後の 20%伸長時の
上限荷重点

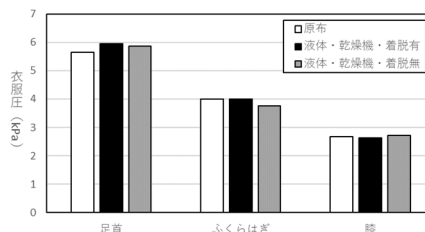


Fig.13 薄地弾性着衣 10 回洗濯乾燥前後の
衣服圧

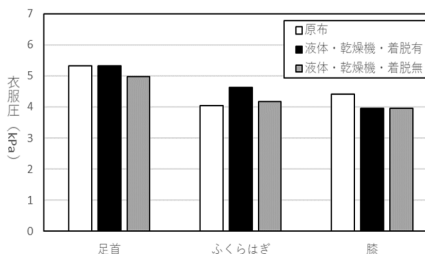


Fig.14 厚地弾性着衣 10 回洗濯乾燥前後の
衣服圧

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 角田薫、小林未佳、高城咲樂、米山雄二
2. 発表標題 弾性着衣に対する洗濯の影響
3. 学会等名 日本油化学会 第53回洗濯に関するシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高城咲樂、角田薫、小林未佳、米山雄二
2. 発表標題 弾性着衣に対する洗濯乾燥の影響
3. 学会等名 日本繊維製品消費科学会2022年年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林未佳、角田薫、高城咲樂、米山雄二
2. 発表標題 弾性着衣の伸長弾性に対する洗濯の影響
3. 学会等名 日本繊維製品消費科学会2023年年次大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 米山雄二 矢中睦美 由利素子 小林未佳 金尾佐知子 角田薫 時田直恵	4. 発行年 2022年
2. 出版社 学校法人 文化学園 文化出版局	5. 総ページ数 183
3. 書名 文化学園大学 テキスタイル工学講座「テキスタイル概論」	

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	米山 雄二 (Yoneyama Yuji) (30556163)	文化学園大学・服装学部・教授 (32674)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協力者	小林 未佳 (Kobayashi Mika)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------